

S/N unknown

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: INOUE et al. Serial No.: unknown
Filed: concurrent herewith Docket No.: 10873.707US01
Title: COMPOSITE MAGNETIC BODY, AND MAGNETIC ELEMENT AND
METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

11033 U.S. PTO
09/843258
04/25/01

CERTIFICATE UNDER 37 CFR 1.10

'Express Mail' mailing label number: EL815521971US

Date of Deposit: April 25, 2001

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service 'Express Mail Post Office To Addressee' service under 37 CFR 1.10 on the date indicated above and is addressed to the Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231.

By: Yolanda Gray
Name: Yolanda Gray

#2
Priority
Extension
3-2202

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

Applicants enclose herewith certified copies of Japanese applications, Serial No. 2000-131573, filed April 28, 2000, Serial No. 2000-387743, filed December 20, 2000, and Serial No. 2001-027878, filed February 5, 2001, the right of priority of which is claimed under 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

MERCHANT & GOULD P.C.
P.O. Box 2903
Minneapolis, Minnesota 55402-0903
(612) 332-5300

Dated: April 25, 2001

By: Douglas P. Mueller
Douglas P. Mueller
Reg. No. 30,300

DPM/tvm

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

U.S. PTO
09/843258
04/25/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 4月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-131573

出 願 人

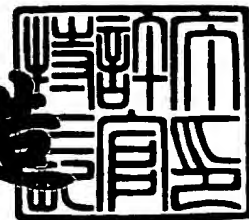
Applicant (s):

松下電器産業株式会社

2001年 3月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3016755

【書類名】 特許願

【整理番号】 R4035

【提出日】 平成12年 4月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01F 27/00
H01F 29/00

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 井上 修

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 加藤 純一

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 松谷 伸哉

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 藤井 浩

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095555

【弁理士】

【氏名又は名称】 池内 寛幸

【電話番号】 06-6361-9334

【選任した代理人】

【識別番号】 100076576

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 公博

【選任した代理人】

【識別番号】 100107641

【弁理士】

【氏名又は名称】 鎌田 耕一

【選任した代理人】

【識別番号】 100110397

【弁理士】

【氏名又は名称】 帛丘 圭司

【選任した代理人】

【識別番号】 100115255

【弁理士】

【氏名又は名称】 辻丸 光一郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100115152

【弁理士】

【氏名又は名称】 黒田 茂

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012162

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0004605

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電気絶縁性複合磁性体、磁性素子およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 表面に絶縁性被膜を配置した金属磁性体粉末と、有機樹脂とから形成された電気絶縁性複合磁性体であって、前記金属磁性体粉末の組成が、Fe、Ni、Coを合計量で90重量%以上含み、前記金属磁性体粉末の充填率が、65体積%以上、90体積%以下であることを特徴とする電気絶縁性複合磁性体。

【請求項 2】 前記絶縁性被膜が、有機化合物および無機化合物から選択された少なくとも1つからなる請求項 1 に記載の電気絶縁性複合磁性体。

【請求項 3】 前記絶縁性被膜が、有機シリコン化合物、有機チタン化合物、熱硬化性樹脂、ケイ酸系化合物および金属酸化物からなる群から選択された少なくとも1つからなる請求項 1 に記載の電気絶縁性複合磁性体。

【請求項 4】 前記金属磁性体粉末が、Si、Al、Crから選択された少なくとも1種類を含んでいる請求項 1 に記載の電気絶縁性複合磁性体。

【請求項 5】 コイルが、請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の電気絶縁性複合磁性体の中に埋設されていることを特徴とする磁性素子。

【請求項 6】 前記電気絶縁性複合磁性体の外部または内部に第 2 の磁性体が配置され、該第 2 の磁性体が圧粉磁性体またはフェライト焼結体であり、前記電気絶縁性複合磁性体に埋設されたコイルによって決定される磁路が、該電気絶縁性複合磁性体と前記第 2 の磁性体を直列に経由する請求項 5 に記載の磁性素子。

【請求項 7】 前記金属磁性体粉末に対して、外部より被覆物質を加える添加被覆法により、絶縁性被膜を形成する請求項 1 に記載の電気絶縁性複合磁性体の製造方法。

【請求項 8】 前記金属磁性体粉末を、酸素の存在下で加熱処理することにより、該金属磁性体に含まれる金属の酸化被膜を生じさせる自己酸化法により、絶縁性被膜を形成する請求項 1 に記載の電気絶縁性複合磁性体の製造方法。

【請求項 9】 金属磁性体粉末の表面に絶縁性被膜を配置する第 1 工程と、この絶縁性被膜を配置された金属磁性体粉末に未硬化状態の熱硬化性樹脂を混合し

た後に顆粒状とする第2工程と、この顆粒を金型中に入れて加圧成形する第3工程と、加熱によってこの熱硬化性樹脂を硬化させる第4工程を含むことを特徴とする磁性素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子機器のインダクタ、チョークコイル、トランス、その他に用いられる電気絶縁性複合磁性体およびそれを用いた磁性素子、特に大電流用小型磁性素子とその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

電子機器の小型薄型化に伴い、これらに用いられる部品やデバイスも小型化、薄型化することが強く求められている。一方、CPUなどのLSIは高集積化してきており、これに供給される電源回路には数A～数十Aの電流が供給されることがある。従って、これらに用いられるチョークコイル等のインダクタにおいても、小型化の要求とともに、これに反するコイル導体の断面積を大きくして低抵抗化を実現することと、直流重畳によるインダクタンスの低下が少ないことが必要とされている。また、使用周波数が高周波化しており、高周波での損失の低いことが求められる。さらに、部品のコストを安くすることが強く求められ、単純な形状の部品構成素子を簡単な工程で組み立てられることが必要となっている。すなわち、大電流、高周波で使用可能であり、かつ、極力小型、薄型化したインダクタを安価に供給することが求められている。

【0003】

インダクタのインダクタンスは、トロイダル形状のコアに巻き線を施した場合、次式で表される。

【0004】

【数1】

$$L \doteq \mu \times S \times N^2 / r$$

ここで、Lはインダクタンス、 μ は透磁率、Sは磁路断面積、Nは巻き線数、r

は磁路長である。この式より、大きな L 値を得るためには、透磁率 μ を高く、磁路断面積 S を大きく、巻き線数 N を大きく、磁路長 r を小さくすれば良いことがわかる。しかしながら、透磁率を大きくするとわずかな電流値でも磁束密度が飽和してしまい、それ以上の電流値では透磁率が低下するため、直流重畳特性が劣化する。また、磁路断面積を大きくすることは、小型化に反し、また同一巻き線数では、導線長さが長くなって高抵抗となる。これを防ぐために断面積の大きい導線を用いることは、さらに小型化に反する。さらに、巻き線数を増やすことは、小型化に反すると共に、高抵抗となる。また、磁路長を短くすることは、小型化にはつながるが、巻き線数を増やすことが出来なくなる。従って、小型で大インダクタンスおよび良好な直流重畳特性を持ち、巻き線抵抗が低く、高周波まで使用可能なインダクタは実現が困難である。

【0005】

次に、実際に使用されているインダクタの問題点について述べる。まず、最も一般的に使用されている、EE型やEI型のフェライトコアとコイルを利用する方法では、フェライト材料が比較的透磁率が高く、かつ飽和磁束密度が金属磁性体材料に比べて低いため、そのまま使用すると磁気飽和によるインダクタンスの低下が大きく、直流重畳特性が悪い。そこで、直流重畳特性を改善するために、通常コアの磁路のどこかに空隙を設け、見かけの透磁率を下げて使用することが行われている。

【0006】

また、コア材料として、フェライトよりも飽和磁束密度が大きいFe-Si-Al系合金、Fe-Ni系合金等を用いる方法では、これらの金属系材料は電気抵抗が低いので、最近のように使用周波数が数百kHz~MHzと高周波化してくると、渦電流損失が大きくなってそのままでは使用できない。このため、薄体化したものを絶縁層を介して積層化するか、あるいは粉末化したものを高密度に成形したいわゆるダストコア、あるいは樹脂中に磁性粉末を分散させたコンポジット磁性体を用いられている。

【0007】

さらに、複数の磁性体を組み合わせて用いることが提案されている。つば付き

フェライトコアにコイルを巻き、これを磁性粉末と樹脂材料の混合液にディップしたもの（特開昭61-136213号公報）や、磁性金属薄体を複数枚積層したものを2枚用意し、この2枚の間に平面状コイルを配し、磁性粉末を分散した接着剤で固定したもの（特開平9-270334号公報）が、インダクタの小型化に有効であるとされている。また、小型化が目的とはされていないが、漏れ磁束を減少させるために、2枚のフェライト薄板の間に平面状コイルを配し、フェライト粉末を分散した接着剤で固定したもの（特開平6-342725号公報）が提案されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら上記の方法の内、フェライト材料を用いて磁路のどこかに空隙を設け、見かけの透磁率を下げて使用する方法では、交流で駆動した時にこの空隙部分でコアが振動してノイズ音が発生する。また、透磁率を下げて飽和磁束密度は低いままなので、直流重畳特性は金属磁性体より悪いといった問題点がある。

【0009】

金属磁性体の薄体を絶縁層を介して積層化する方法は、高飽和磁束密度ではあるが、透磁率が高いためにギャップが必要であり、また高周波で使用可能な薄体は十分薄い必要があるので高コストとなり、かつ複雑な形状を作製することが不可能という問題点がある。

【0010】

ダストコアは飽和磁束密度は高いが、十分に高い飽和磁束密度と実用的な透磁率を得るためには、成型時に980MPa程度以上の非常に高い圧力をかけて緻密化させる必要があり、このため特殊な高強度金型が必要となり、また複雑な形状の作製が困難である。さらに、それ自体はそれほど電気抵抗が高くないために、絶縁の必要があるといった問題点がある。

【0011】

コンポジット磁性体は、高電気抵抗率であり、コイル導体埋設による磁路断面積拡大も期待でき、かつ作製も比較的容易であるが、磁性体の占める体積分率が

高くても60～65%程度止まりであるために、飽和磁束密度はそれほど高くなり、また透磁率も低いといった問題点がある。

【0012】

複数の磁性体を組み合わせて用いる方法のうち、特開昭61-136213号公報と特開平6-342725号公報に記載のものは、樹脂にフェライトを分散させたものを用いているが、フェライトの充填率に限界があるためこの部分の飽和磁束密度が低く、直流重畳特性が悪い問題点がある。また、特開平9-270334号公報に記載のものは、樹脂と混合する磁性体の種類が全く記載されていないが、磁性金属薄体を複数枚積層したものを用意する必要があるので高コストとなり、また素子の上下面が金属磁性体であるために電気抵抗が低く、絶縁の必要があり、また複雑な形状の作成が極めて困難である等の問題点がある。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために、本発明は、表面に絶縁性被膜を配置した金属磁性体粉末と、有機樹脂とから形成された電気絶縁性複合磁性体であって、前記金属磁性体粉末の組成が、Fe、Ni、Coを合計量で90重量%以上含み、前記金属磁性体粉末の充填率が、65体積%以上、90体積%以下であることを特徴とする電気絶縁性複合磁性体である。ここで、絶縁性被膜の材質としては、有機化合物と無機化合物のどちらでも利用できる。また、絶縁性被膜の形成方法としては、金属磁性体粉末に有機化合物、無機化合物を添加して被覆する方法（添加被覆法）と、金属磁性体粉末自体を酸化熱処理して、その表面に酸化物被膜を形成する方法（自己酸化法）のどちらも用いることができる。ここで、有機化合物と無機化合物の併用、また添加被覆法と自己酸化法の併用が望ましい。

【0014】

また、本発明の第1の磁性素子は、コイルが前記電気絶縁性複合磁性体の中に埋設されていることを特徴とし、第2の磁性素子は、前記電気絶縁性複合磁性体に加え、第2の磁性体として、圧粉磁性体またはフェライト焼結体が、電気絶縁性複合磁性体の外部または内部に配置され、電気絶縁性複合磁性体に埋設されたコイルによって決定される磁路が、電気絶縁性複合磁性体と第2の磁性体を直列

に經由するものである。

【 0 0 1 5 】

また、本発明の電気絶縁性複合磁性体の製造方法は、前記金属磁性体粉末に対して、外部より被覆物質を加える添加被覆法により、絶縁性被膜を形成すること、又は前記金属磁性体粉末を、酸素の存在下で加熱処理することによって、前記金属磁性体に含まれる金属の酸化被膜を生じさせる自己酸化法により、絶縁性被膜を形成することを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

また、本発明の磁性素子の製造方法は、金属磁性体粉末の表面に絶縁性被膜を配置する第1工程と、この絶縁性被膜を配置された金属磁性体粉末に未硬化状態の熱硬化性樹脂を混合した後に顆粒状とする第2工程と、この顆粒を金型中に入れて加圧成形する第3工程と、加熱によってこの熱硬化性樹脂を硬化させる第4工程を含むことを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を説明する。以下では、チョークコイル等に用いられる磁性素子の例について説明するが、本発明はこれに限定されるものではなく、2次巻き線の必要なトランス等に用いても、その効果を発揮するものである。

【 0 0 1 8 】

(実施の形態1)

はじめに本発明の電気絶縁性複合磁性体についての実施の形態を説明する。この電気絶縁性複合磁性体は、少なくとも、1) 磁性体本体である金属磁性体粉末、2) その表面をほぼ覆うように存在する絶縁性被膜、3) 有機樹脂、の3種類の成分によって構成される。

【 0 0 1 9 】

まず第1の成分として、FeまたはNiを主成分とする金属磁性体粉末を用意する。具体的には、Fe粉、Fe-Al、Fe-Si、Fe-Si-Al系合金やFe-Ni、Fe-Co、Fe-Mo-Ni系合金等が使用できる。ただし、磁性元素であるFe、Ni、Co以外の副成分が増加すると、飽和磁束密度の低

下や金属粉末自体の硬化が生じるため、これらの副成分は合計で 1 0 重量%以下、より望ましくは 6 重量%以下が良い。金属磁性体粉末の粒子径としては、1 ~ 1 0 0 μ m、より望ましくは 3 0 μ m以下が良い。粒径が大きすぎると、高周波での渦電流損失が大きく、また厚さの薄いものとした時の強度が低下しやすいためである。こうした粒径の粉末を作製する方法としては、粉碎法でも良いが、より均一な微粉が作製できるガスアトマイズ法や水アトマイズ法がより望ましい。

【 0 0 2 0 】

次に、第 2 の成分である絶縁性被膜で金属磁性体粉末表面をほぼ覆う。この絶縁性被膜の材質としては、有機系材料と無機系材料のいずれも使用できる。また、その形成法としては、前述の添加被覆法と自己酸化法のいずれも用いることができる。

【 0 0 2 1 】

有機系の絶縁性被膜の形成法としては、添加被覆法が適しており、有機系材料としては、金属磁性体の表面被覆性の比較的良好な有機シリコン化合物や有機チタン化合物等が使用できる。ここで、有機シリコン化合物としては、シリコン樹脂やシリコンオイル、シラン系カップリング材等が挙げられる。また、有機チタン化合物としては、チタン系カップリング材、チタンアルコキシド、チタンキレート等が挙げられる。また、それら以外にも熱硬化性樹脂を用いることもできる。この場合、高い電気抵抗を得るためには、熱硬化性樹脂を金属磁性体粉末に添加した後で、その本成形の前に一旦短時間加熱して樹脂の粘度を下げて被覆性を上げ、かつ半硬化させておくことが望ましい。なお、この被覆用の熱硬化性樹脂に、第 3 成分として用いる有機樹脂自体を用いることもできる。

【 0 0 2 2 】

添加被覆法で用いることができる無機系材料としては、水ガラスやテトラヒドロキシシラン等のケイ酸系化合物や、前述の有機シリコン化合物や有機チタン化合物を熱分解したものがある。

【 0 0 2 3 】

一方、無機系の絶縁性被膜は、自己酸化法により金属磁性体粉末自体の表面酸化被膜を用いて形成される。この表面酸化被膜は、自然放置状態でもある程度は

生じているが、通常は5 nm以下と大変薄く、必要な電気抵抗、絶縁耐圧を得ることができない。そこで、粉末自体を酸素存在下で加熱することにより、その表面を数十～数百 nmの被膜で確実に覆うことが必要になる。ただし、用いる金属磁性体粉末によっては、電気抵抗や絶縁耐圧が不足することがある。この点からは、S iやA l、C r等をその成分に含む金属磁性体粉末を用いると、これらの成分が表面酸化被膜に濃縮して含まれるようになり、絶縁性被膜の電気抵抗や絶縁耐圧が向上するために、より望ましい。特にS iを少量含む金属磁性体では、比較的少量のS iの添加によって金属磁性体自体の電気抵抗が向上し、磁気損失も減少し、かつ飽和磁束密度はあまり低下しなくなる。このため、F e - S i系金属磁性体粉末を用いるか、あるいは本来S iを含まないで用いられるF e - N iやF e - C o系の金属磁性体粉末でも、少量のS iを含む合金組成を用いることが望ましい。

【 0 0 2 4 】

上記有機系の絶縁性被膜は、一般に電気抵抗は高いが、絶縁耐圧は低い。一方、上記無機系の絶縁性被膜は、電気抵抗はあまり高くないが、絶縁耐圧は高い。また、添加被覆法では絶縁性被膜自体の電気抵抗は高くなるが、表面被覆性は劣り、自己酸化法では表面被覆性が高いが、絶縁性被膜自体の電気抵抗は低くなる場合がある。そこで、有機系と無機系の絶縁性被膜を併用するか、添加被覆法と自己酸化法を併用することが望ましい。すなわち、表面酸化被膜を形成した金属磁性体粉末に、有機シリコン化合物を添加して表面処理したり、あるいは逆に有機シリコン化合物を添加した金属磁性体粉末を表面酸化処理し、金属磁性体粉末の成分とシリコンを含む酸化物被膜を形成すると、単独の処理よりもより確実に表面を覆い、電気抵抗、絶縁耐圧ともに高くすることが出来る。なお、この時の酸化被膜の厚さは、2 0 nm～1 0 0 0 nmの範囲内が望ましい。薄すぎると電気抵抗が低くなり、厚すぎると透磁率が低くなりすぎるためである。このため、絶縁性被膜全体が複合磁性体の体積分率に占める割合は僅かであり、通常5体積%以下である。

【 0 0 2 5 】

次に、このようにして絶縁性被膜を形成した金属磁性体粉末に、第3成分とし

て有機樹脂を混合する。この場合に用いる樹脂は、結着性のあるものであれば何でも利用可能であり、具体的にはシリコン樹脂等も使用可能であるが、複合磁性体全体を成形体として固め、またインダクタとする時にはコイルや第2の磁性体も内蔵する必要があるので、通常はその機械的強度の観点から、熱硬化性樹脂を用いることが望ましい。熱硬化性樹脂としては、エポキシ樹脂、フェノール樹脂などが使用でき、金属磁性体粉末との分散性を改善するために、分散剤を微量添加しても良い。また適宜、少量の可塑剤や溶剤を添加しても良い。金属磁性体粉末と有機樹脂の混合比は、金属磁性体粉末の最終的な充填率に応じて変化させればよい。すなわち、

【0026】

【数2】

有機樹脂体積% $\leq 100 - \text{金属磁性体粉末充填体積\%} - \text{絶縁性被膜体積\%}$
となるが、あまり少なすぎると強度が低下するので、少なくとも5体積%以上、より望ましくは10体積%以上が良い。一方、その上限は、金属磁性体粉末の充填率を65体積%以上とする必要があるので、必然的に35体積%以下となり、実際には30体積%以下が好ましい。

有機樹脂を混合した金属磁性体粉末は、そのまま用いて次の成形工程に移っても良いが、一旦メッシュ等を通して顆粒状に整粒した方が粉末の流動性が向上するために使用しやすい。なお、熱硬化性樹脂を用い、この樹脂成分自体を金属磁性体粉末の絶縁性被膜として利用する場合は、前述したように、この顆粒化の段階で熱硬化性樹脂の硬化温度付近まで加熱することが望ましい。この前加熱により、樹脂が一旦低粘度化して金属磁性体粉末を覆い、かつ、顆粒表面の樹脂が半硬化状態となるため、次の成型時に金属磁性体同士の直接接触が妨げられて、高い電気抵抗が得られるようになる。しかしながら、この前硬化が進展しすぎると、成型時に密度が上がりにくくなり、また、完全硬化後の機械的強度が低下する。これを防ぐためには熱硬化性樹脂全体を2つに分け、1つをまず絶縁性被膜形成用に混合して前硬化処理し、その後残りを混合して用いても良い。第3成分の有機樹脂と、絶縁被覆用の熱硬化性樹脂の種類が異なる場合には、当然樹脂を2回に分けて添加することになる。

次に、この顆粒を型に入れ、目的とする金属磁性体粉末の充填率となるように加圧成形する。この時、充填率を高くするために加圧の圧力を高くすると、飽和磁束密度や透磁率は高くなるが、電気抵抗や絶縁耐圧は低下しやすくなり、さらに磁性体にかかる残留応力が大きくなって、磁気損失が増加する欠点がある。一方、充填率が低すぎると、飽和磁束密度、透磁率が低くなって十分なインダクタンス値や直流重畳特性が得られない。通常、粉末を全く塑性変形させずに充填すると、その充填率は60～65%が上限となるが、この充填率では飽和磁束密度、透磁率とも低すぎる。従って、塑性変形を伴う充填、すなわち65%以上、より望ましくは70%以上の充填率とする方が良い。一方、充填率の上限は、電気抵抗率が低下しない範囲とするが、後述の実施の形態2で示すようにコイルを内蔵することを考えると、電気抵抗率は少なくとも $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 程度は必要であり、また加圧成型時の圧力は、金型の寿命を考えると490MPa以下とすることが望ましいので、充填率は90体積%以下、より望ましくは85体積%以下である。成形圧は、98～490MPa程度、より望ましくは196～392MPaである。

【0027】

また、熱硬化性樹脂を用いている場合には、得られた成形体を加熱して樹脂を硬化させるが、金型中で加圧成型時に同時に熱硬化性樹脂の硬化温度まで温度を上げて硬化させる方が、電気抵抗率を高くしやすい。しかし、この方法では生産性が低いため、室温で加圧成形した後、加熱硬化しても良い。

【0028】

なお、絶縁性被膜を形成した金属磁性体粉末を、有機樹脂と混合する前に成形し、その後樹脂を含浸する方法により本磁性体を作製することも可能であるが、磁性体の機械的強度と絶縁性が低下しやすくなり、また工程上も不利であるので、やはりあらかじめ有機樹脂を混合した後に成形する方法が望ましい。

【0029】

以上のようにして、金属磁性体の充填率65～90体積%、電気抵抗率 $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上、透磁率数10～100程度の複合磁性体を得る。

【0030】

(実施の形態 2)

次に、本発明の磁性素子について、図 1～図 4 を用いてその実施の形態を説明する。図 1～図 4 は、本発明磁性素子の断面図であり、1 は複合磁性体、2 はコイル、3 は端子部、4 は第 2 の磁性体である。

【0031】

図 1 では、コイルが複合磁性体の内部に埋設されている。一方、図 2～図 4 では、さらに第 2 の磁性体が複合磁性体の内部または外部に密着した状態で配されており、コイルによって決定される磁路は、複合磁性体と第 2 の磁性体の両者を直列に経由する。図 1～図 3 では、コイル内の磁路は、チップの面に垂直方向に生じるように構成されている。一方、図 4 では、コイル内の磁路は、チップの面に平行方向に生じるように構成されている。図 1～図 3 の構造では磁路断面積を大きく取りやすいが、巻き線数は増やしにくい。一方、図 4 の構造では磁路断面積を大きく取りにくい、巻き線数は増やしやすいく。

【0032】

以上の図においては、3～30mm角前後で、厚さ1～10mm程度、一辺の長さ／厚さ＝2／1～8／1程度の角板状の磁性素子を想定しているが、ディメンションはこれに限定されず、また円板状等の形状でもかまわない。さらに、以上の図は、本発明の構造の例を示したもので、本発明はこれに限定されるものではなく、これら以外の構造、あるいはこれらの一部変更したり、これらを組み合わせたような構造であってもよい。複合磁性体の形状は、金型形状によって変えることができ、第 2 の磁性体を圧粉磁性体またはフェライトを用いて形成することにより、その形状にかなりの自由度を持たせることが可能であるから、より複雑な形状を作ることも容易である。また、コイルの巻き方や導線の断面形状についても、これらに限定されず、複合磁性体中にコイルが埋め込まれており、第 2 の磁性体を用いる場合には、複合磁性体と第 2 の磁性体が磁路に直列に配されている構造であれば、どんなものでもよい。コイルによって決定される磁路が、複合磁性体と第 2 の磁性体の両者を直列に経由することにより、合成透磁率は両者の中間的な値となり、複合磁性体のみを用いた場合より大きくすることができ、かつコイル内蔵化による磁路断面積の拡大の効果は、そのまま生かされるので、

より大きなインダクタンス値が得られる効果がある。

【 0 0 3 3 】

次に、図 1 の構造の磁性素子の作製方法を説明する。図 5 は図 1 の磁性素子の作製方法を示す斜視図である。コイル 1 1 は被覆銅線よりなるコイルである。図 5 の場合は 2 段に巻かれた丸銅線を用いている。コイル 1 1 の端子部 1 2、1 3 は平坦に加工され、さらにコイル巻面に対して直角に折り曲げられている。まず、実施の形態 1 で用意したものと同様の金属磁性体粉末と有機樹脂よりなる顆粒を用意し、この顆粒の一部を下パンチ金型 2 2 を途中まで挿入した中金型 2 3 に入れ、その表面が平坦となるようにならす。この時、上下パンチ金型 2 1、2 2 を用いて、低い圧力で仮加圧成形しても良い。次に、コイル 1 1 を、その端子部 1 2、1 3 が中金型 2 3 の切り欠き部 2 4、2 5 に挿入されるようにこの金型中の顆粒の上に置き、さらに顆粒を充填して上下パンチ金型 2 1、2 2 により、本加圧成形を行う。得られた成形体を金型よりはずし、有機樹脂を加熱硬化させた後、端子部 1 2、1 3 の端が磁性素子の下面に回り込むように再度曲げ加工し、図 1 に示す磁性素子を得る。この時、端子の取り出し方法は、以上の方法に限らず、上下面に取り出してもよい。

【 0 0 3 4 】

図 2 ～図 4 の構造についても、基本的に同様の方法で作製できる。すなわち、図 2 の構造では、あらかじめ第 2 の磁性体 4 にコイル 2 を巻いたものを用いるか、成型時にコイル 2 の中心に第 2 の磁性体 4 を挿入すれば良い。図 3 の構造については、成型時に上下パンチ金型 2 1、2 2 の当たる所に 2 枚の第 2 の磁性体 4 を置くか、あるいは図 1 の構造の磁性素子を作製した後、上下に第 2 の磁性体 4 を張り合わせても良い。図 4 の構造については、あらかじめ第 2 の磁性体 4 にコイル 2 を巻いたものを成型時に埋め込めばよい。

【 0 0 3 5 】

コイルの形状は丸線、平角線、箔状線など、構造と用途、必要とされるインダクタンス値や抵抗値に応じて選択すれば良い。コイルの導体の材質は、低電気抵抗が望ましいので銅または銀が用いられるが、通常銅を用いればよい。また、その表面は絶縁性樹脂で被覆されていることが望ましい。

【 0 0 3 6 】

第2の磁性体には、透磁率が高く、飽和磁束密度が大きく、かつ、高周波特性に優れたものが望まれる。特に、透磁率に関しては、本発明の複合磁性体よりも高い必要がある。実際に使用可能な材料としては、 $MnZn$ フェライトや $NiZn$ フェライト等のフェライト焼結体、 Fe 粉末、 $Fe-Si-Al$ 系合金や $Fe-Ni$ 系合金等の金属磁性体粉末を、シリコン樹脂やガラスなどの結着剤で固め、充填率90体積%程度以上に緻密化したダストコアが挙げられる。このうちフェライト焼結体は、透磁率が高く、高周波特性に優れ、低コストでもあるが、飽和磁束密度は低い。ダストコアは飽和磁束密度が高く、高周波特性もある程度は確保できるが、フェライトよりも透磁率は低い。従って、用途に応じてこれらから選択すれば良いが、大電流下で使用することを考えると、飽和磁束密度の高いダストコアがより望ましい。ダストコアを用いる場合、ダストコアそれ自体は本発明の複合磁性体に比べると電気抵抗が低いため、これがインダクタの表面、特に下面に露出している状態では使いにくく、絶縁化の必要がある場合がある。この場合には、図3のように第2の磁性体が表面に露出している構造よりも、図2のように内部に存在する構造が望ましい。なお、1つのインダクタで2種類以上の第2の磁性体、たとえば $NiZn$ フェライト焼結体とダストコアを組み合わせ用いてもよい。

【 0 0 3 7 】

本発明の複合磁性体は、従来のダストコアとコンポジット磁性体の持つ特徴を併せ持つ。すなわち、コンポジット磁性体よりも高透磁率、高飽和磁束密度であり、ダストコアよりも高電気抵抗で、かつコイルをその内部に埋設することにより、磁路断面積を増加させることが可能で、磁性体それ自体としてダストコアやコンポジット磁性体よりも高特性である。さらに、より高透磁率の第2の磁性体と組み合わせることによって、実効透磁率の最適化が可能であり、小型・高特性の磁性素子を得ることができる。また、その作製方法は、粉末成形のプロセスを適用し、成形時または成形後に百数十度で有機樹脂の硬化処理を行うだけであるので、ダストコアのように高圧で成形し、かつ特性を出すために高温でアニールする必要がなく、またコンポジット磁性体のようにペースト化してこれを扱うと

言った手間もなく、作製が容易で低コストである。

【0038】

【実施例】

以下、本発明の実施例を説明する。

【0039】

(実施例1)

金属磁性体粉末として、平均粒径約 $15\mu\text{m}$ の $96.5\text{wt}\%\text{Fe}-3.5\text{wt}\%\text{Si}$ からなる粉末を用意した。これらの粉末を空気中にて 550°C で10分間加熱して、その表面に酸化被膜を形成した。この時の重量増加は $0.7\text{重量}\%$ であった。得られた粉末の表面組成をオージェ電子分光法を用い、Arスパッタリングで表面からの深さ方向について分析したところ、表面近傍ではSiとOを主成分とし、一部Feを含む氧化物被膜となっており、内部に向かうに従ってSiとOの濃度が低下し、やがてOはゼロとなり、主成分がFeで副成分がSiとなる、本来の合金組成となっていた。すなわち、粉末表面は、SiとOを主成分とし、一部Feを含む氧化物被膜で覆われていた。この表面酸化被膜を持つ金属磁性体粉末に、熱硬化性樹脂であるビスフェノールA型樹脂を表1に示す量加えて良く混合し、メッシュを通して整粒した。この整粒粉末を金型中にて、 294MPa 前後の各種圧力で加圧成形し、型より取り出した後、 125°C にて1時間加熱処理して熱硬化性樹脂を硬化させ、直径 12mm 、厚さ 1mm の円板状の試料を得た。これらの試料のサイズと重量から密度を計算し、この値と樹脂混合量より金属磁性体粉末の充填率を求め、表1の充填率となるように成形圧を調整して試料を作製した。比較例として酸化被膜を形成しない試料も作製した。得られた試料の両端をワニグチクリップではさみ、電気抵抗を電圧 100V で測定した。次に、電圧を最大 500V まで 100V 刻みで高くしながら電気抵抗を測定し、電気抵抗が急激に低下する電圧を求め、その直前の電圧をもって絶縁耐圧とした。さらに、同じ条件で作製した別の円板状試料の中央に穴をあけ、巻き線を施して磁性体としての飽和磁束密度と、 500kHz での比透磁率を測定した。その結果を表1に示した。

【0040】

【表 1】

NO	酸化 皮膜	樹脂量 (体積%)	充填率 (体積%)	電気抵抗 (Ω)	絶縁耐圧 (V)	飽和磁束 密度(T)	比透磁率	種 別
1	有	10	60	$>10^{12}$	>500	1.2	7	比較例
2	有	35	60	$>10^{12}$	>500	1.2	7	比較例
3	有	30	65	10^{11}	>500	1.3	13	比較例
4	有	25	70	10^{10}	>500	1.4	22	実施例
5	有	20	75	10^9	>500	1.5	34	実施例
6	有	15	80	10^8	>500	1.6	43	実施例
7	有	10	85	10^7	400	1.7	55	実施例
8	有	5	90	10^5	200	1.8	66	実施例
9	有	2	95	$<10^3$	<100	1.9	79	比較例
10	有	0	75	10^8	300	1.5	42	比較例
11	無	20	75	$<10^3$	<100	1.5	56	比較例

【0041】

表1より明らかなように、酸化被膜を付けて樹脂を混合した場合、充填率が65体積%未満のN o. 1、2では、樹脂量に関係なく比透磁率が極端に低く、飽和磁束密度も低かった。一方、充填率が95体積%のN o. 9では、電気抵抗、絶縁耐圧とも極端に低下した。これに対して充填率65～90体積%のN o. 3～8、特に充填率70～85体積%のN o. 4～7では、電気抵抗、絶縁耐圧、飽和磁束密度、比透磁率とも良好であった。充填率65体積%のN o. 3は、電気抵抗は高いが、N o. 4～7と比較すると比透磁率はやや低かった。充填率90体積%のN o. 8は、飽和磁束密度と比透磁率が高いが、N o. 4～7と比較すると、電気抵抗、絶縁耐圧とも低下し、またその機械的強度が低いという欠点があった。一方、同じ充填率75体積%であっても、樹脂を混合しなかったN o. 10では、比透磁率が高いが、電気抵抗と絶縁耐圧がやや低くなり、また磁性体自体の機械的強度が全く得られず、実際に使用できるものではなかった。また、樹脂を混合しても、酸化被膜を付けていないN o. 11では、電気抵抗、絶縁耐圧が極めて低かった。酸化被膜を付け、かつ樹脂と混合し、金属磁性体粉末の充填率が65～90体積%、より望ましくは70～85体積%である本発明の実施例のみ、実使用可能な特性が得られた。

【0042】

(実施例2)

金属磁性体粉末として、平均粒径約 $10\ \mu\text{m}$ の表 2 に示した各種組成の粉末を用意した。これらの粉末を空気中にて 25°C 刻みの各温度で 10 分間加熱して熱処理し、その時の重量増加がいずれも 1.0 重量%程度となる温度を求め、その条件で表面酸化被膜を形成した。得られた酸化粉末に、ビスフェノール A 型樹脂を、全体の 20 体積%となるように加えて良く混合し、メッシュを通して整粒した。この整粒粉末を金型中にて、最終成形体中の金属磁性体粉末の充填率がほぼ 75 体積%となるように、成形圧を 49MPa 刻みに変えて成形し、型より取り出した後、 125°C にて 1 時間加熱処理して、熱硬化性樹脂を硬化させ、直径 12 mm、厚さ 1 mm の円板状の試料を得た。得られた試料の電気抵抗、絶縁耐圧、飽和磁束密度、比透磁率を、実施例 1 と同様の方法で評価した。結果を表 2 に示した。

【0043】

【表 2】

NO	金属組成 (wt%)	酸化温度 ($^\circ\text{C}$)	成形圧 (MPa)	電気抵抗 (Ω)	絶縁耐圧 (V)	飽和磁束 密度 (T)	比透磁率
1	Fe	275	196	10^6	400	1.6	20
2	Fe-0.5%Si	350	196	10^7	400	1.6	21
3	Fe-1%Si	450	245	10^9	>500	1.6	24
4	Fe-3%Si	550	294	10^{11}	>500	1.5	29
5	Fe-5%Si	700	343	10^{12}	>500	1.4	32
6	Fe-6%Si	725	392	10^{12}	>500	1.4	34
7	Fe-6.5%Si	750	539	10^{11}	>500	1.4	35
8	Fe-8%Si	775	588	10^{10}	>500	1.3	33
9	Fe-10%Si	800	784	10^8	400	1.1	31
10	Fe-3%Al	650	392	10^{10}	>500	1.5	23
11	Fe-3%Cr	700	441	10^9	>500	1.5	21
12	Fe-4%Al-5%Si	750	686	10^{10}	400	1.2	37
13	Fe-5%Al-10%Si	800	784	10^9	400	0.8	42
14	Fe-60%Ni	400	196	10^6	400	1.1	36
15	Fe-60%Ni-1%Si	525	294	10^9	>500	1.1	36

【0044】

表 2 より明らかなように、実施例 1 よりも酸化重量増が大きいにもかかわらず、磁性元素のみを含む No. 1、14 は電気抵抗や絶縁耐圧が比較的低くなる。これらに Si、Al、Cr を添加すると、電気抵抗、絶縁耐圧とも改善される傾

向にある。Si、Al、Crを比較すると、No. 4、10、11より、同一添加量ではAlやCrは成形圧を高くする必要があり、比透磁率が比較的低く、また、ここには記載していないが、磁気損失が高くなる傾向にあるため、Siの添加が有効であった。また、No. 1～9、およびNo. 12、13より明らかに、非磁性元素の添加量の増加に伴い電気抵抗、絶縁耐圧は高くなるが、添加量が8重量%を越えると逆に電気抵抗、絶縁耐圧が低下する傾向がある。また、非磁性元素の添加量が8重量%を超えると酸化熱処理温度と成形圧は高くしなければならず、飽和磁束密度も低下する。従って、Siの添加量は1～8重量%、より望ましくは1～5重量%がよい。

【0045】

(実施例3)

金属磁性体粉末として、平均粒径約10 μ mのFe-1wt% Siからなる粉末を用意した。この粉末に表3に示す各種の処理を施した。すなわち、有機Si化合物または有機Ti化合物としてジメチルポリシロキサンまたはポリテトラブトキシチタンを1重量%添加してよく混合する処理、ケイ酸塩化合物として水ガラス（ケイ酸ソーダ）を1重量%添加してよく混合する処理、空气中450℃で10分間加熱することにより1重量%酸化させる処理、のいずれかからなる第1の処理、またはこれらを組み合わせた第2の処理を行なった。次に、これらの前処理済みの粉末に、ビスフェノールA型樹脂を、金属磁性体と樹脂の体積比率が85/15となるように加えてよく混合し、メッシュを通して整粒した。これらの整粒粉末について、125℃で10分間の前硬化処理を行なったものを行なわなかったものを用意し、金型中にて最終成形体中の金属磁性体粉末の充填率が75体積%となるように圧力を変えて成形し、金型より取り出した後、125℃にて1時間加熱処理して熱硬化性樹脂を完全に硬化させ、直径12mm、厚さ1mmの円板状の試料を得た。得られた試料の電気抵抗、絶縁耐圧、比透磁率を実施例1と同様の方法で評価した。その結果を表3に示した。

【0046】

【表 3】

NO	前 処 理		前硬化 処理	電気抵抗 (Ω)	絶縁耐圧 (V)	比透磁率	種 別
	第 1 処理	第 2 処理					
1	無	無	無	$< 10^4$	< 100	43	比較例
2	無	無	有	$> 10^{12}$	100	31	実施例
3	有機Si添加	無	無	10^{10}	100	33	実施例
4	有機Ti添加	無	無	10^{10}	100	32	実施例
5	水ガラス添加	無	無	10^9	200	31	実施例
6	酸化熱処理	無	無	10^8	> 500	27	実施例
7	酸化熱処理	水ガラス添加	無	10^{10}	> 500	23	実施例
8	酸化熱処理	有機Si添加	無	10^{11}	> 500	26	実施例
9	酸化熱処理	有機Ti添加	無	10^{11}	> 500	25	実施例
10	有機Si添加	無	有	$> 10^{12}$	200	29	実施例
11	有機Ti添加	無	有	$> 10^{12}$	200	28	実施例
12	水ガラス添加	無	有	$> 10^{12}$	300	27	実施例
13	酸化熱処理	無	有	$> 10^{12}$	> 500	25	実施例

【0047】

表3より明らかなように、全く何の処理も行なわずに、熱硬化性樹脂と金属磁性体粉末を混合しただけのNo. 1に比べ、有機Ti化合物、有機Si化合物、水ガラスのいずれかを添加するか、酸化熱処理を行うか、あるいは整粒後に前硬化処理を行ったNo. 2～6は、いずれも高い電気抵抗が得られた。これらのうち、有機化合物の添加または前硬化処理（有機系処理）のみのNo. 2～4は、電気抵抗は高いが絶縁耐圧は低く、一方、水ガラス添加または酸化熱処理（無機系処理）のみのNo. 5、6は比較的電気抵抗が低い傾向にあり、総合的に最も優れているのは、酸化熱処理を行ったNo. 6であった。これらに対して、無機系と有機系の両方の処理を行ったNo. 8、9、12、13は、比透磁率はやや低くなるが、電気抵抗、絶縁耐圧とも高くなった。特に、酸化熱処理と有機系処理を併用したNo. 8、9、13の特性が良好であった。また、無機系の酸化熱処理と水ガラス添加を併用したNo. 7も、単独処理に比べれば良好な特性となった。ところが、有機系処理のみを併用した、No. 10、11は、単独処理に比べてあまり特性は改善されなかった。なお、No. 7～9で第1処理と第2処理の順序を入れ替えたところ、いずれも電気抵抗が1桁程度低下したが、他はほ

ば同等の結果が得られた。

【 0 0 4 8 】

(実施例 4)

金属磁性体粉末として、平均粒径約 $15\ \mu\text{m}$ の $49\text{wt}\%\text{Fe}-49\text{wt}\%\text{Ni}-2\text{wt}\%\text{Si}$ からなる粉末を用意した。これらの粉末を、空気中にて 500°C で 10 分間加熱し、その表面に酸化被膜を形成した。この時の酸化重量増は、 0.63 重量%であった。得られた粉末にビスフェノール A 型樹脂を、金属磁性体と樹脂の体積比率が $77/23$ となるように加えてよく混合し、メッシュを通して整粒した。次に、直径 1mm の被覆銅線を用いて、内径 5.5mm の 2 段積み 4.5 ターンコイルを準備した。整粒粉末の一部を、図 5 に示すように、 12.5mm 角の金型に入れ、軽くプレスしてならした後、コイルを入れ、さらに粉末を入れ、圧力 343MPa で加圧成形し、金型より取り出した後、 125°C にて 1 時間加熱処理して熱硬化性樹脂を硬化させた。得られた磁性素子のサイズは縦 12.5mm 、横 12.5mm 、厚さ 3.4mm で、金属磁性体粉末の充填率は 73 体積%であった。この磁性素子のインダクタンスを 0A と 30A で測定したところ、それぞれ $1.2\ \mu\text{H}$ 、 $1.0\ \mu\text{H}$ と大きく、かつ電流値依存性が小さかった。また、コイルの電気抵抗は $3.0\text{m}\Omega$ であった。

【 0 0 4 9 】

(実施例 5)

金属磁性体粉末として、平均粒径約 $15\ \mu\text{m}$ の、 $97\text{wt}\%\text{Fe}-3\text{wt}\%\text{Si}$ からなる粉末をそれぞれ用意した。これらの粉末を、空気中にて 525°C でそれぞれ 10 分間加熱し、その表面に酸化被膜を形成した。この時の酸化重量増は、 0.63 重量%であった。得られた粉末にビスフェノール A 型樹脂を、金属磁性体と樹脂の体積比率が $85/15$ となるように加えてよく混合し、メッシュを通して整粒した。この整粒粉末より、実施例 4 と同様の方法で、縦 12.5mm 、横 12.5mm 、厚さ 3.4mm のサイズで、金属磁性体粉末の充填率が 76 体積%の磁性素子を作製した。この磁性素子のインダクタンスを 0A と 30A で測定したところ、それぞれ $1.4\ \mu\text{H}$ 、 $1.2\ \mu\text{H}$ と大きく、かつ電流値依存性が小さかった。なお、コイルの電気抵抗は $3.0\text{m}\Omega$ であった。

【 0 0 5 0 】

(実施例 6)

金属磁性体粉末として、平均粒径約 $10\ \mu\text{m}$ の $97\text{wt}\%\text{Fe} - 3\text{wt}\%\text{Si}$ からなる粉末を用意した。この粉末を、空気中にて 550°C で 10 分間加熱して、その表面に酸化被膜を形成した。得られた粉末にビスフェノール A 型樹脂を、金属磁性体と樹脂の体積比率が $80/20$ となるように加えてよく混合し、メッシュを通して整粒した。次に、直径 0.7mm の被覆銅線を用い、内径 4mm の 1 ターンコイルを準備した。このコイルと整粒粉末より、実施例 4 と同様の方法で、縦 6mm 、横 6mm 、厚さ 3mm のサイズの磁性素子を作製した。この磁性素子のインダクタンスを 0A と 30A で測定したところ、それぞれ $0.14\ \mu\text{H}$ 、 $0.12\ \mu\text{H}$ と大きく、かつ電流値依存性が小さかった。なお、コイルの電気抵抗は $1.5\text{m}\Omega$ であった。

【 0 0 5 1 】

(実施例 7)

金属磁性体粉末として、平均粒径約 $10\ \mu\text{m}$ の $96\text{wt}\%\text{Fe} - 4\text{wt}\%\text{Si}$ からなる粉末を用意した。この粉末を、空気中にて 550°C で 30 分間加熱して、その表面に酸化被膜を形成した。得られた粉末にビスフェノール A 型樹脂を、金属磁性体と樹脂の体積比率が $77/23$ となるように加えてよく混合し、メッシュを通して整粒した。次に、粒径 $20\ \mu\text{m}$ の $50\text{wt}\%\text{Fe} - 50\text{wt}\%\text{Ni}$ からなる粉末にシリコン樹脂を添加し、 980MPa で成形した後、窒素中でアニール処理して充填密度 95% で、直径 5mm 、厚さ 2mm のダストコアを用意した。このダストコアの周囲に、直径 1mm の被覆銅線を 2 段積みで 4.5 ターン巻いたものを準備した。この中芯にダストコアを持つコイルと整粒粉末を用い、実施例 4 と同様の方法で、金属磁性体粉末、ダストコア付き導体を一体成形し、 125°C にて 1 時間加熱処理して、熱硬化性樹脂を硬化させて、図 2 に示す構造の磁性素子を得た。得られた磁性素子のサイズは縦 12.5mm 、横 12.5mm 、厚さ 3.5mm であった。この磁性素子のインダクタンスを 0A と 30A で測定したところ、それぞれ $2.0\ \mu\text{H}$ 、 $1.5\ \mu\text{H}$ であり、ダストコアを用いない実施例 5 のものよりもさらに大きく、かつ電流値依存性が小さかった。また、コイル

の電気抵抗は 3. 0 mΩ であった。

【 0 0 5 2 】

【発明の効果】

本発明により、高電気抵抗で高飽和磁束密度の複合磁性体を得られる。また、この複合磁性体を用いてコイルを内蔵化した磁性素子は、磁路断面積を有効に利用できるように、より高インダクタンスで、良好な直流重畳特性を示す。さらに、第 2 の磁性体と組み合わせて使用することで、より高性能化するとともに、各種用途に応じた特性のインダクタを得ることができる。また、作製したインダクタは、熱硬化性樹脂で一体成形されているため、交流を印加してもノイズ音が発生しない。また、作製時に高い成形圧を必要とせず、作製が容易で低コストである。

【 0 0 5 3 】

以上のように本発明は、各種電子機器の大電流用途に適するインダクタ、チョークコイル、トランス等に用いる金属磁性体、磁性素子として優れており、その工業的価値が大きいものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の形態の磁性素子の断面図である。

【図 2】 本発明の第 2 の形態の磁性素子の断面図である。

【図 3】 本発明の第 3 の形態の磁性素子の断面図である。

【図 4】 本発明の第 4 の形態の磁性素子の断面図である。

【図 5】 本発明の磁性素子の作製方法を示す斜視図である。

【符号の説明】

- 1 複合磁性体
- 2 コイル
- 3 端子部
- 4 第 2 の磁性体
- 1 1 コイル
- 1 2、1 3 端子部
- 2 1 上パンチ金型

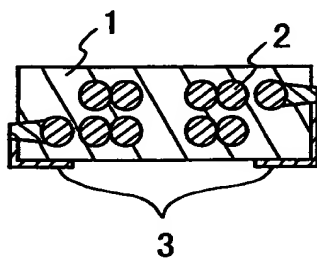
2 2 下パンチ金型

2 3 中金型

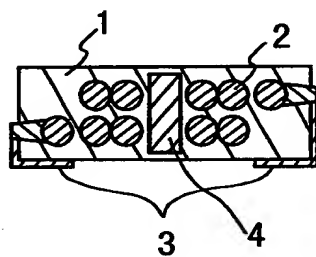
2 4、2 5 切り欠き部

【書類名】 図面

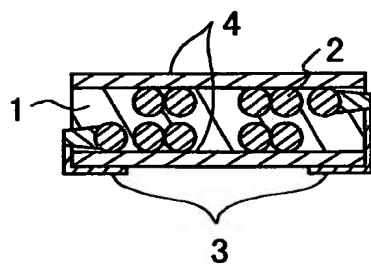
【図 1】



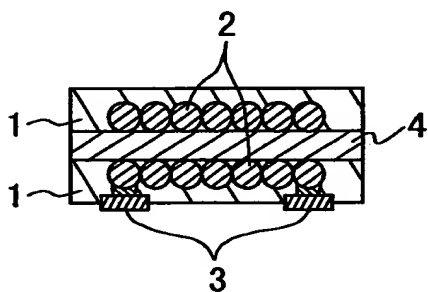
【図 2】



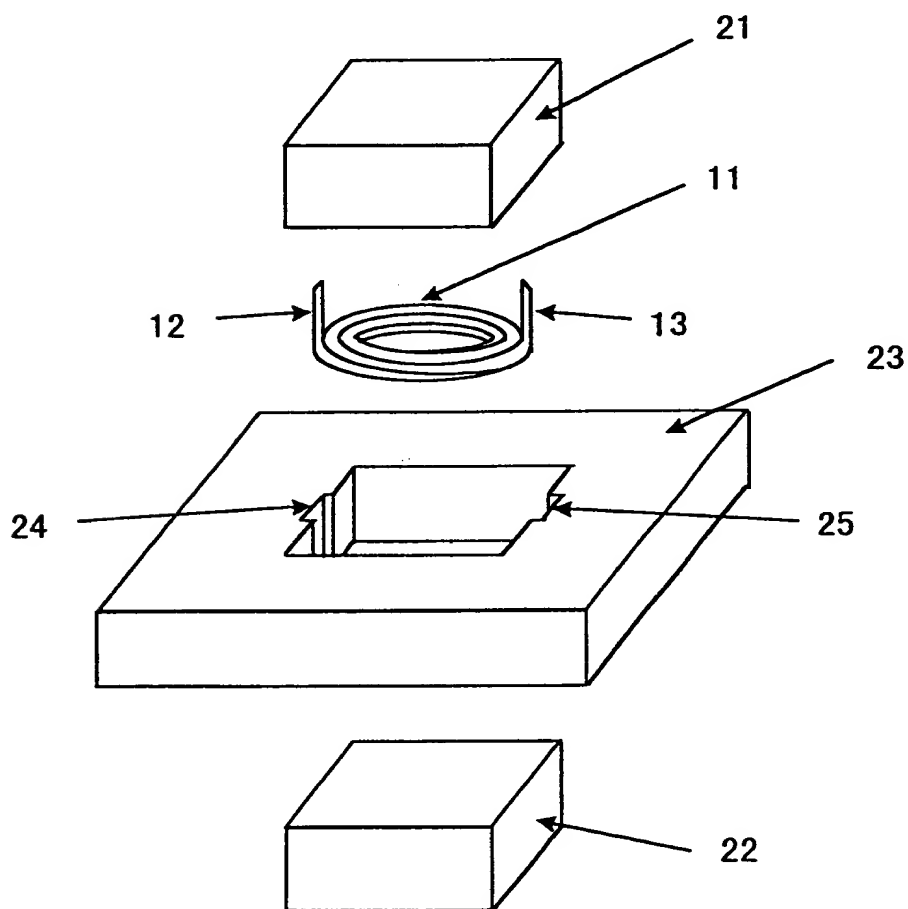
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 小型でインダクタンス値が大きく、かつ直流重畳特性の優れた磁性素子を提供する。

【解決手段】 表面に絶縁性被膜を配置した金属磁性体粉末と、有機樹脂とから形成された電気絶縁性複合磁性体であって、前記金属磁性体粉末の組成が、Fe、Ni、Coを合計量で90重量%以上含み、前記金属磁性体粉末の充填率が、65体積%以上、90体積%以下である複合磁性体1を用い、この複合磁性体中にコイル2を埋設する構造とする。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

 [変更理由] 新規登録

 住 所 大阪府門真市大字門真1006番地

 氏 名 松下電器産業株式会社